



## Séminaire 2012

4ème session

Le Coton Africain :  
Perspectives et Evolution  
du Secteur Cotonnier

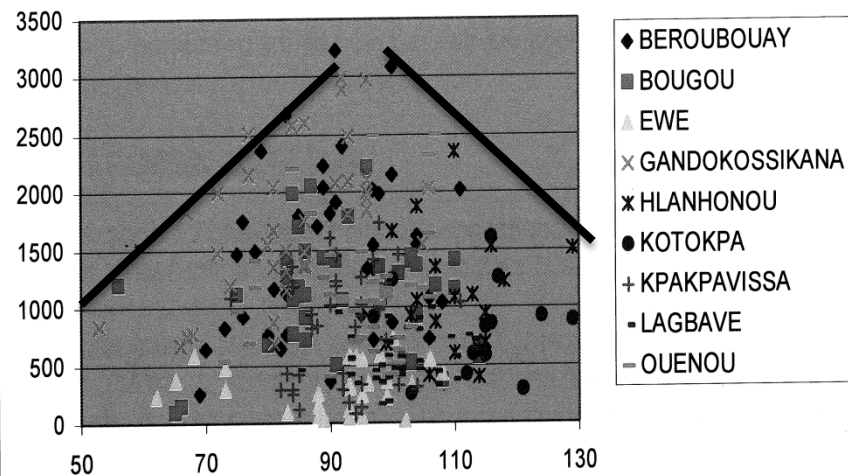
Du 1er au 5 Octobre 2012

# Prévoir les effets des changements climatiques sur la culture du cotonnier en Afrique subsaharienne

Edward Gérarddeaux – Chercheur Agrophysiologiste - CIRAD

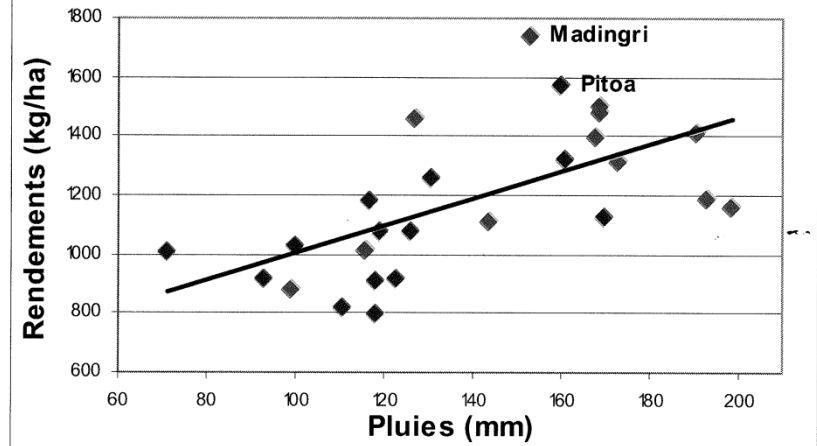
- Méthode statistique
- Présentation de la modélisation
- Les variables climatiques importantes pour la modélisation des cultures
- Les modifications prévues
- Modélisation des effets des CC
- Conclusion

durée des pluies et rendement



Enquête agronomique Bénin 2003

Secteurs: Pluies de Juin et Rendements  $R = 0.62$



Enquête agronomique Cameroun  
1993-2003

- Objectif déterminer des lois entre X et Y avec deux cas de fig classique : la courbe enveloppe ou la régression linéaire

Approche agrégative se basant sur des données simples qui s'affranchit de la variabilité des ITK et des sols, et permet une prévision de la production régionale.

- elle n'est pas extrapolable  
elle ne permet que de prévoir les impacts du climat sur les rendements dans la gamme et la configuration utilisée pour établir les relations
- Elle ne prend pas en compte l'élévation du CO<sub>2</sub>
- Elle ne prend pas en compte les modifications de la phénologie par l'augmentation des températures (cycles raccourcis)
- Elle est limitée dans sa capacité à tester des réponses adaptatives (nouvelles variétés, ITK)

## Modélisation de la croissance et du développement d'une culture







- Wikipedia:
  - « un concept ou objet considéré comme *représentatif d'un autre* (exemple : le «**modèle réduit**» ou **maquette**, le « modèle » du scientifique), déjà existant ou que l'on va s'efforcer de construire ».

- Personnel :

Le **calcul** d'un artilleur est un modèle qui utilise les **lois** de la gravitation et les **données de paramétrage** (poid de l'ogive, quantité de poudre, vent, relief, etc.) pour calculer son tir.

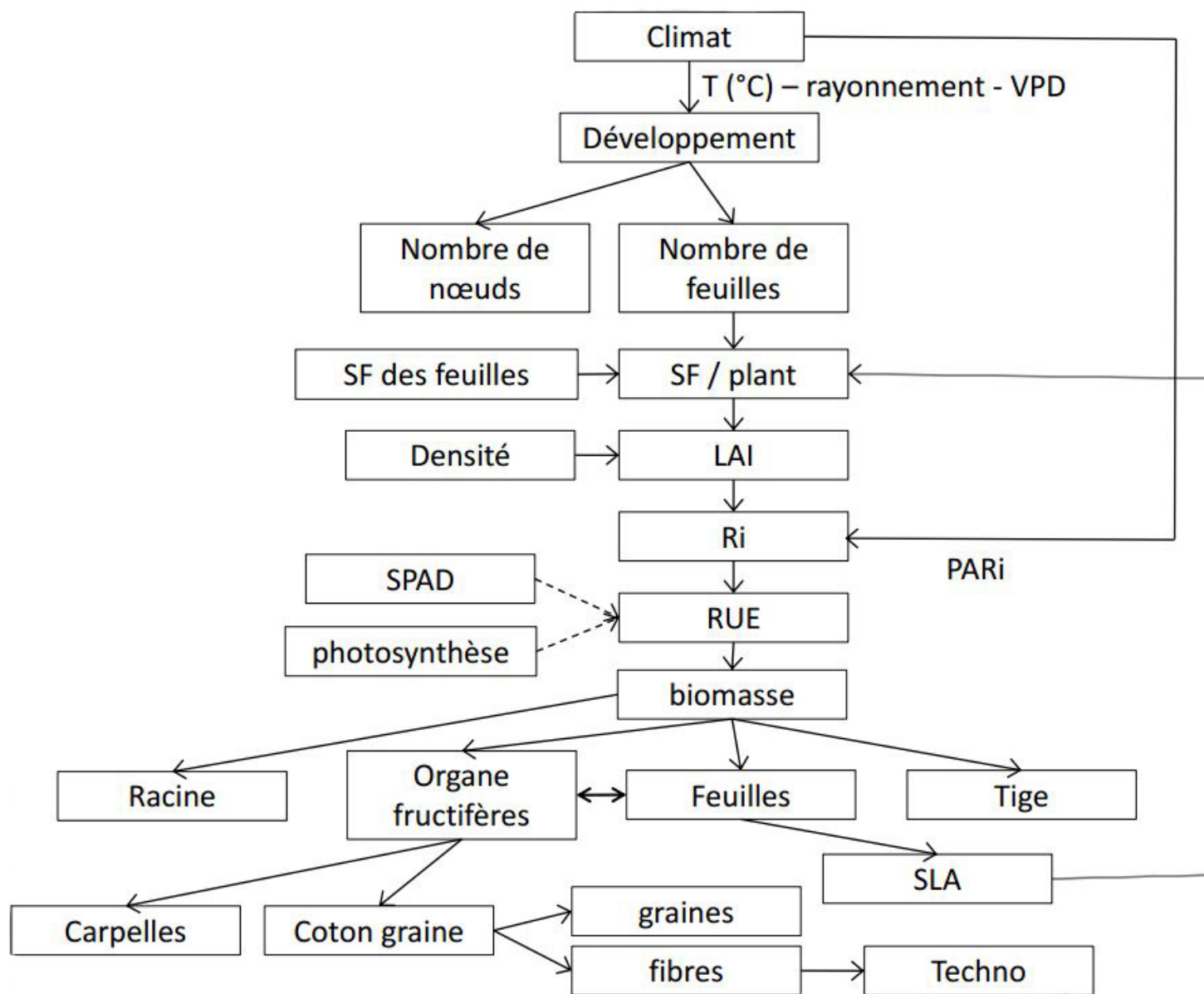
Le **calibrage** sont les essais qu'il réalise avec un observateur sur place pour lui dire où il a réellement touché. Il ajuste ainsi son tir.

La **validation** est la répétition de son tir, dans de nouvelles conditions.

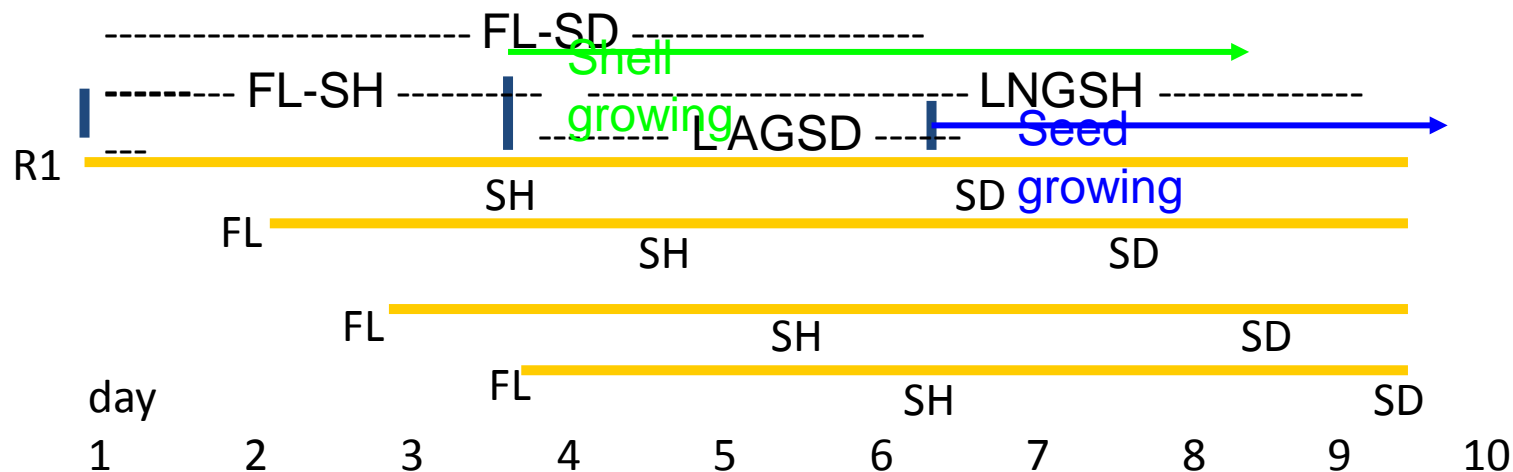
- Des programmes informatiques qui reproduisent la croissance et le développement des plantes
- Se basant sur les données climatiques, les caractéristiques des sols et des paramètres « génétiques » qui entrent dans des équations qui calculent la phénologie, et les rendements des cultures.
- Les bases théoriques des modèles (équations) sont celles de la physique, de la physiologie et de l'écologie.

Tous les modèles sont faux, certains sont utiles (Jones, 2004)





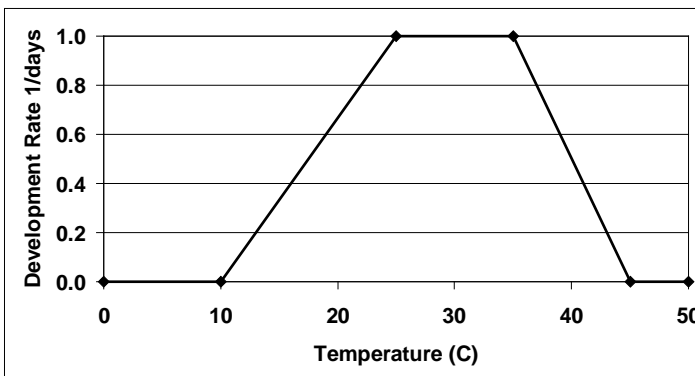
# Les organes se développent en fonction des paramètres variétaux et de la température



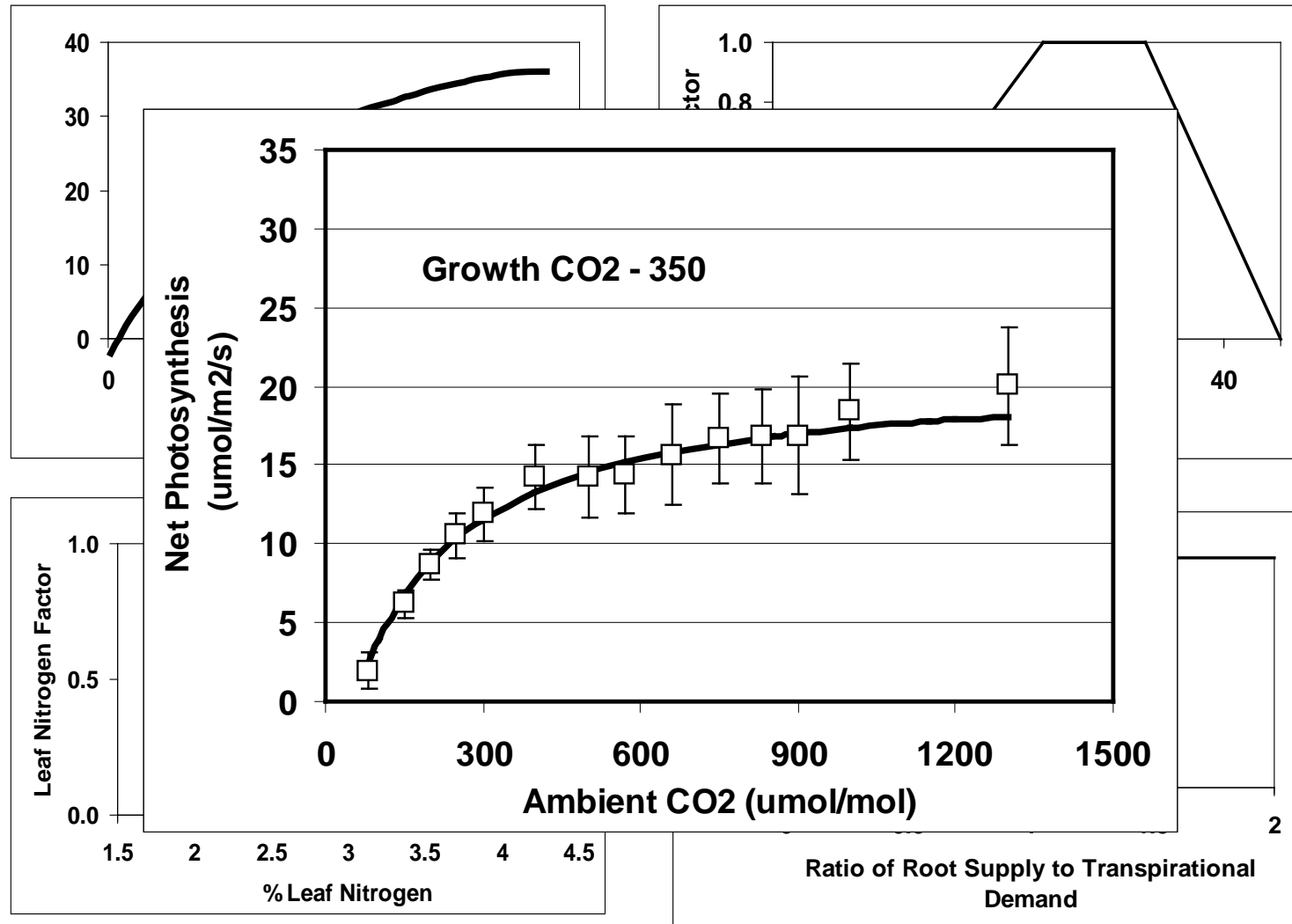
Les fleurs démarrent à FL

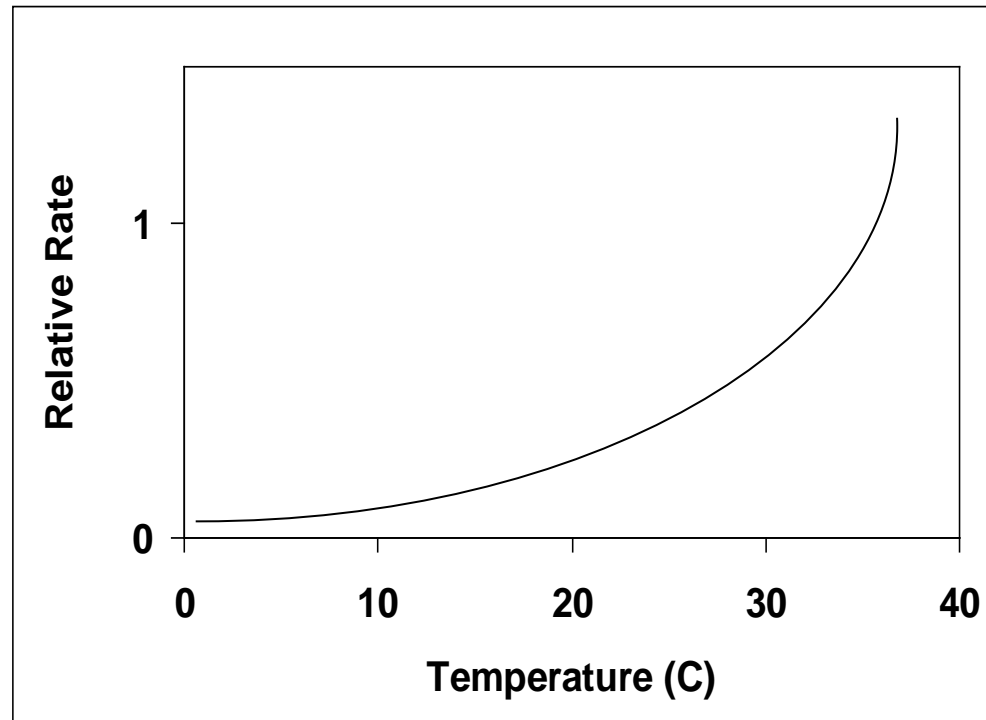
Les premières capsules à SH

Les premières graines à SD

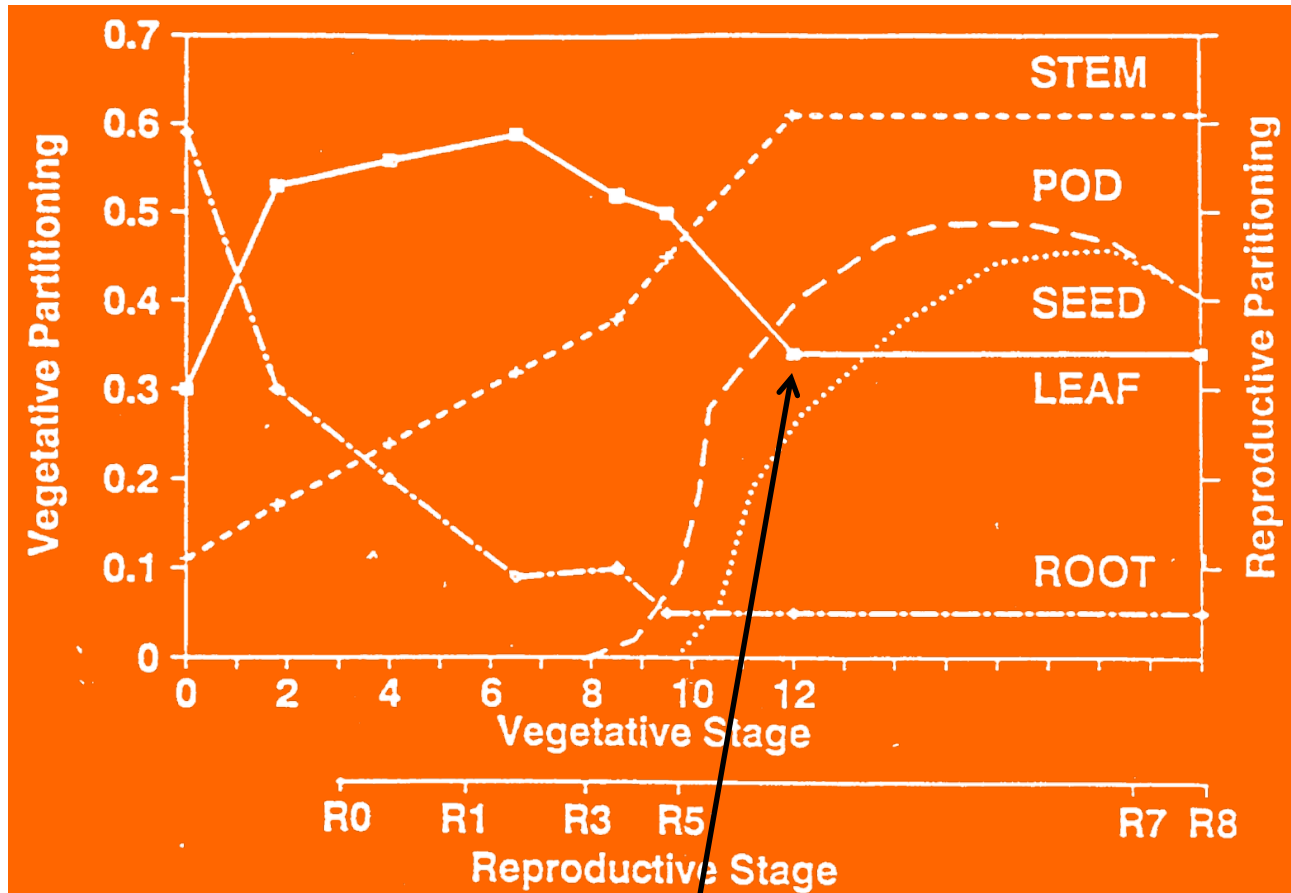








# Puis répartir la biomasse produite

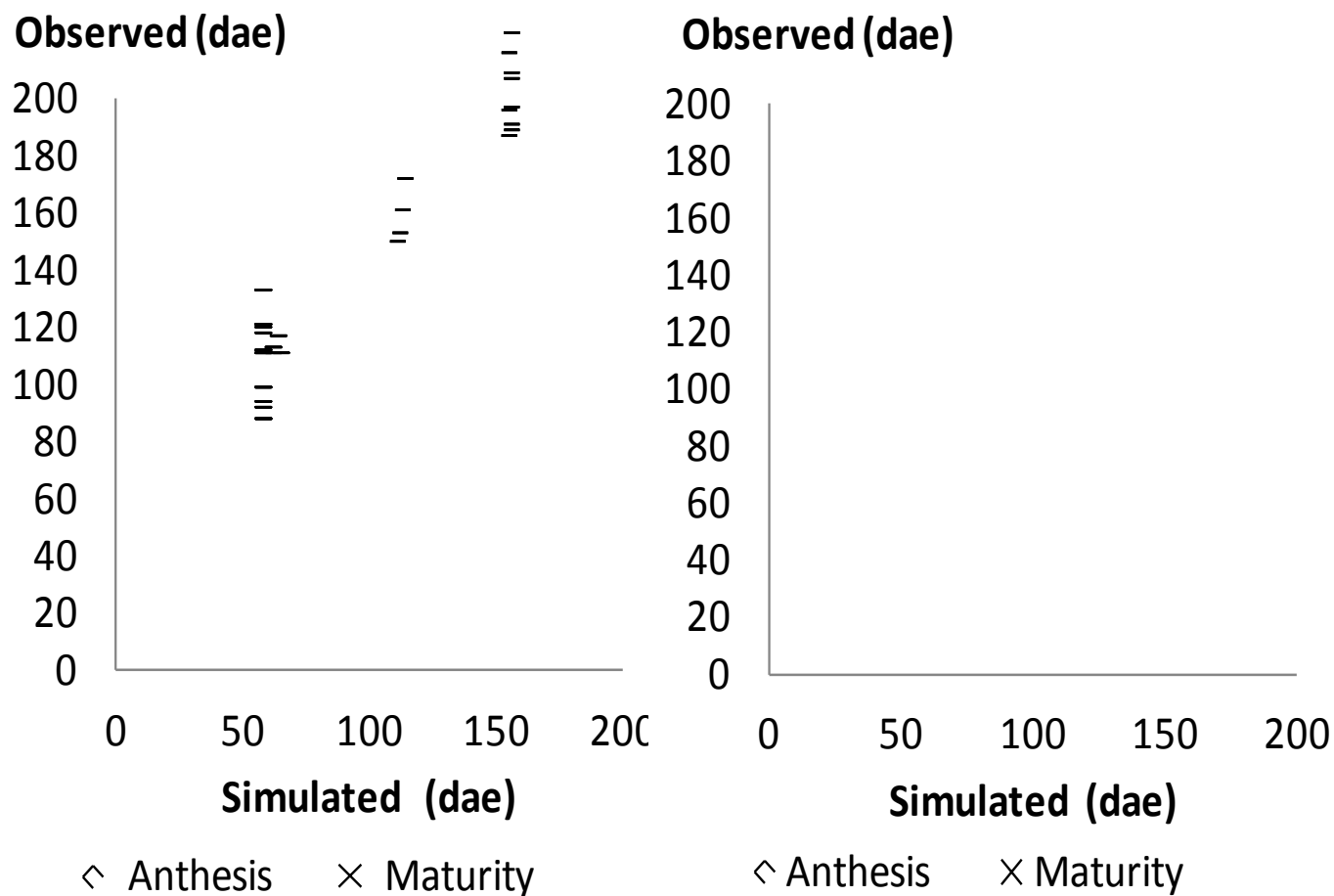


Importance du stade pour définir les modifications des fractions

- T<sub>max</sub>, T<sub>min</sub>
- Rayonnement
- Pluviométrie
- ETP, ou HR et vitesse du vent

Quels sont les effets des CC sur la durabilité des SdC au Nord Cameroun, quels SdC sont les mieux adaptés?



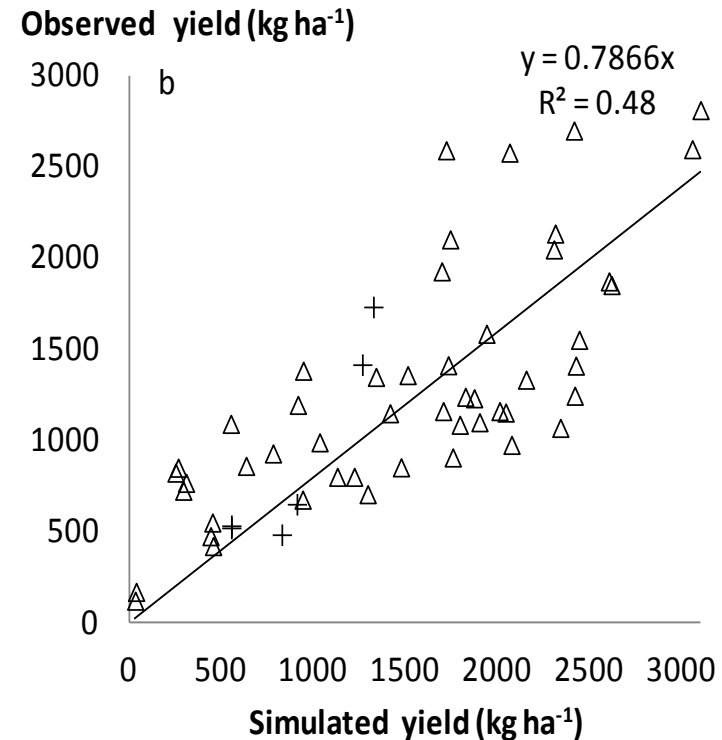
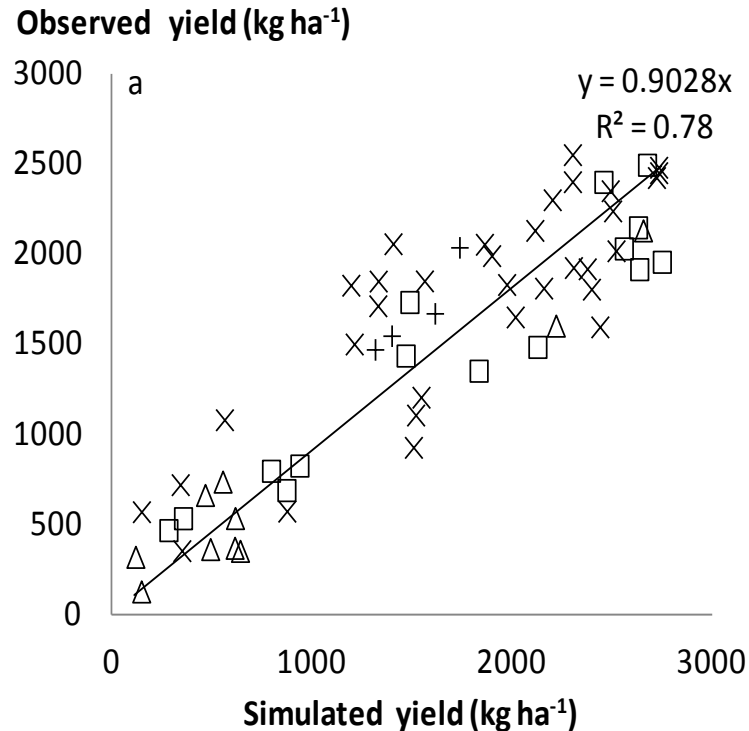


Observed and simulated onset of anthesis and maturity of cotton crops in North Cameroon, calibration (a) and validation (b) data sets. Dae: days after emergence.



Cumulative runoff (mm) and soil water contents (cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>) at 0-30 and 30-60 days after planting. Observed and simulated means for conservation agriculture (CA) and tillage (T) treatments for 28 paired comparisons.

Name of variable	Observed				Simulated			
	CA	T	NT	Pr	CA	T	NT	Pr
Cumulative runoff	60 B	122 A	-	**	35 B	85 A	10	*
Soil water content at 0-30 dap	21.0 A	16.5 B	-	*	16.2	14.4	-	*
Soil water content at 30-60 dap	19.8	18.9	-	NS	18.3	16.5	-	*
Cottonseed yields in the North	1836 A	1423 B	1317 B	*	1591 A	1356 B	1418 B	NS
Cottonseed yields in the Far North	1952 A	1861 A	1468 B	*	2138 A	2063 A	1512 B	*
Flowering duration	104	90	95	*	98	94	90	NS

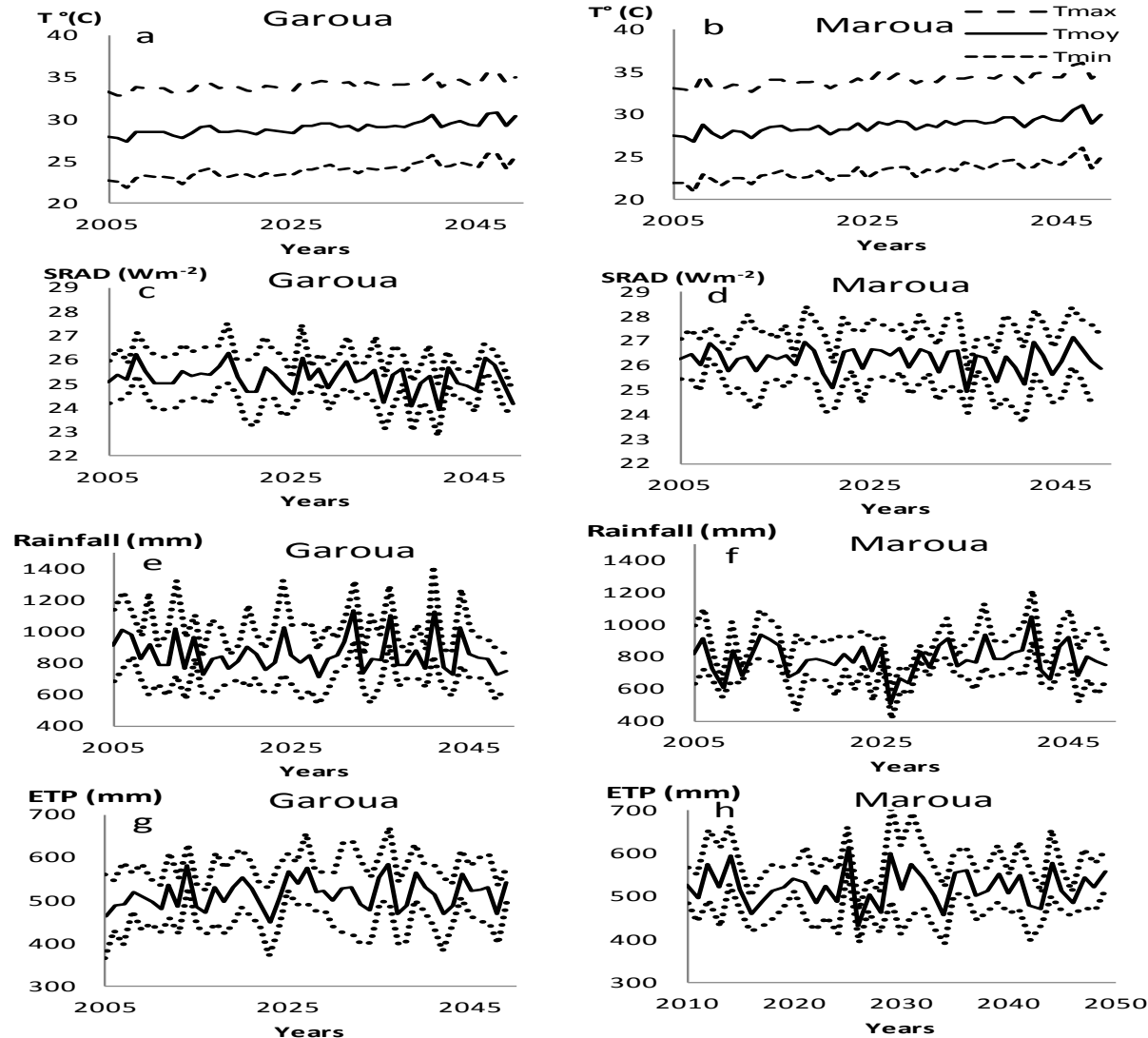


Observed and simulated cotton seed yield in 2001 (square), 2002 ( $\Delta$ ), 2004 (X), 2005 (O) and 2010 (+), calibration (a) and validation (b) data sets.

Differences in cottonseed yield (kg ha<sup>-1</sup>) and flowering period (d). Observed and simulated means of differences between conservation agriculture and other treatments: tillage (T) and no-tillage (NT). Statistical analysis of 28 paired comparaisons.

Province	Cropping system	Cottonseed yields (kg ha <sup>-1</sup> )		Reproductive period (d)	
		Observed*	Simulated	Observed *	Simulated
Far North	CA-T	220	108	8	7
	CA-NT	509	388	13	9
North	CA-T	206	229	8	5
	CA-NT	172	84	9	6

# Evolution du climat de 2005 à 2050



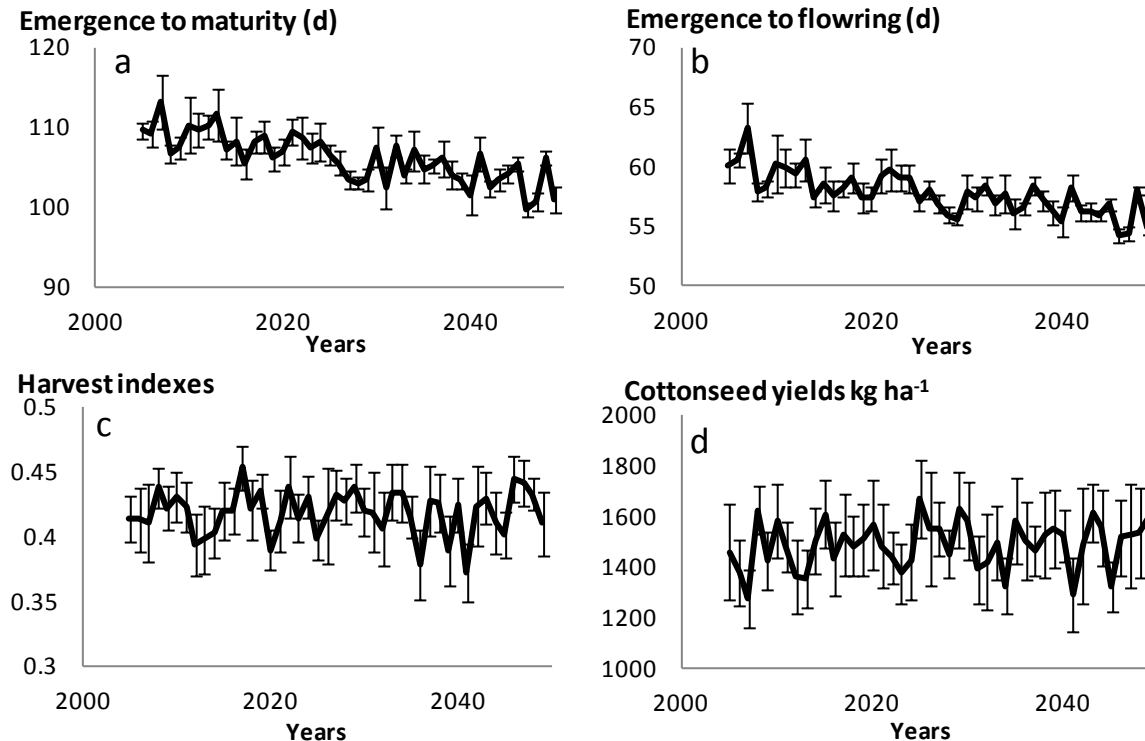
Median, minimum and maximum temperatures, calculated radiation (SRAD), rainfall, and cumulated ETP from emergence to harvest simulated by 6 GCM from 2005 to 2050 in Garoua and Maroua. Dotted lines represent values +/- confidence intervals.

## Un consensus uniquement sur les températures

Relationship (regression) between years from 2005 to 2050 and climatic variables experienced by crops from sowing to harvest: temperatures (Tmoy, Tmax and Tmin, °C), radiation (SRAD, Wm<sup>-2</sup>), cumulated rainfall (Rain, mm) and potential evapotranspiration (ETP, mm).

Name of models	Statistical result	Tmoy	Tmax	Tmin	SRAD	Rain	ETP
KNMI	Regression slope	0.052	0.034	0.067	-0.01	3.50	1.31
	Sign.test	***	***	***	NS	***	***
DMI	Regression slope	0.054	0.032	0.062	0.00	-0.50	-0.42
	Sign.test	***	***	***	NS	NS	NS
GKKS	Regression slope	0.054	0.044	0.065	0.01	-0.67	0.42
	Sign.test	***	***	***	NS	NS	NS
METNO	Regression slope	0.04	0.029	0.051	-0.03	-2.31	-0.24
	Sign.test	***	***	***	***	NS	NS
SNHI	Regression slope	0.052	0.044	0.059	-0.01	-1.91	1.12
	Sign.test	***	***	***	NS	NS	**
UCLM	Regression slope	0.051	0.038	0.064	-0.01	1.01	0.89
	Sign.test	***	***	***	NS	NS	*

Sign.test: student's test results, NS: not significant, \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

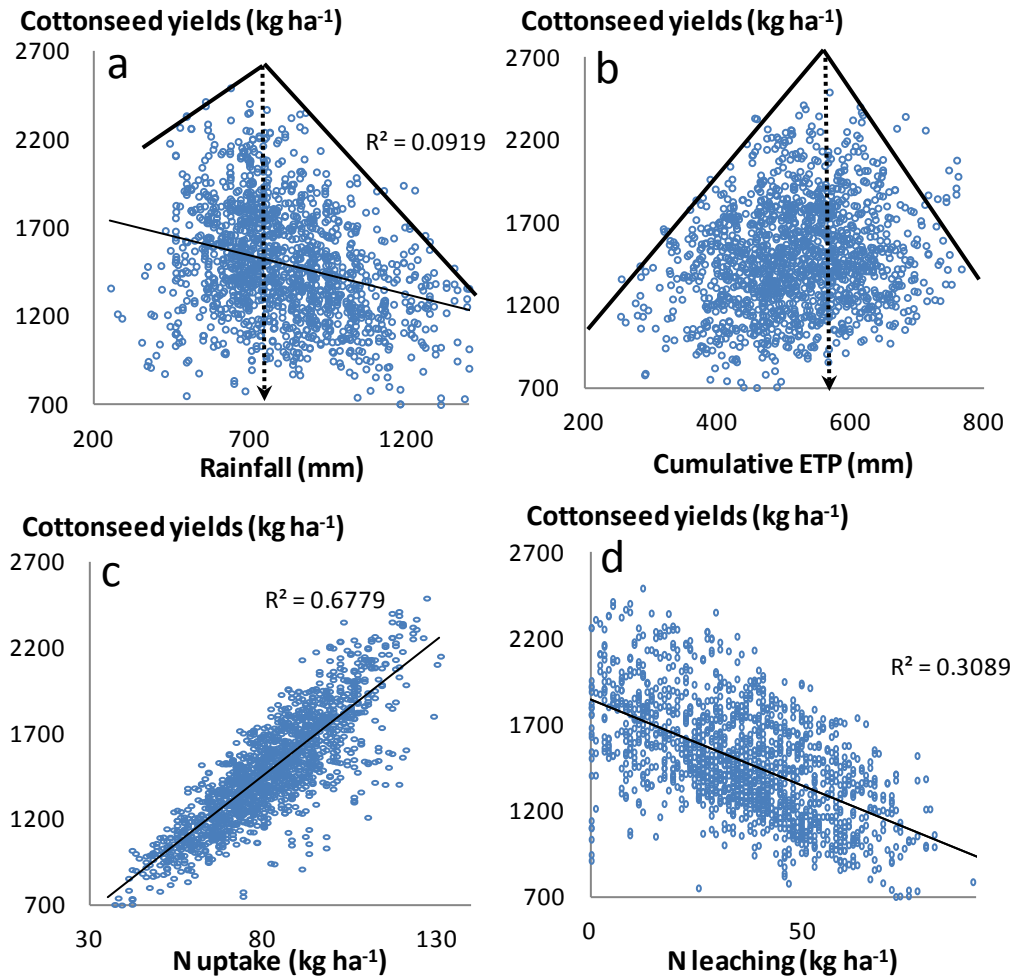


Average values from 2005 to 2050 of simulated days from emergence to maturity (a), emergence to flowering (b), harvest indexes (c) and cottonseed yields (d) under 3 cropping systems, 6 GCM and 2 locations in North Cameroun simulated by Cropgro. Vertical bars represent confidence intervals at  $p=0.05$ .



Relationship (ANCOVA) between years and other variables: temperatures (°C), rainfall (mm), ETP (mm), radiation (Wm-2) and output variables :  
emergence date (julian days), emergence to flowering (days), emergence to crop maturity (days), aerial biomass (kg ha<sup>-1</sup>), and cottonseed yields (kg ha<sup>-1</sup>) simulated by DSSAT from 2005 to 2050.

Maximum temperature	34.0	0.039	<0.0001 ***
Minimum temperature	23.6	0.061	<0.0001 ***
Rainfall	820		NS
Evapotranspiration	516	0.34	0.024 *
Radiation	25.7	-0.006	0.029 *
Emergence date	177		NS
Emergence to flowering	58	-0.10	<0.0001 ***
Emergence to maturity	106	-0.17	<0.0001 ***
Aerial biomass	3576	2.69	0.03 *
Harvest index	0.42		NS
Cottonseed yield	1487	1.30	0.01 *
Cottonseed yield if CO2 was stable	1453		NS
Cottonseed yield in tillage system	1469	0.048	<0.0001 ***
Cottonseed yield in conservation agriculture	1727	0.168	<0.0001 ***
Cottonseed yield in no-tillage system	1381		NS
Cottonseed yield with KNMI runs	1697		NS
Cottonseed yield with DMI runs	1587		NS
Cottonseed yield with GKKS runs	1697		NS
Cottonseed yield with METNO runs	1343	2.57	0.049 *
Cottonseed yield with SNHI runs	1415	2.48	0.03 * <sub>27</sub>
Cottonseed yield with UCLM runs	1392		NS



Main drivers of cottonseed yields simulated by Cropgro. Rainfall (a), cumulative ETP (mm), N uptake (c) and leaching (d) under 6 GCMs, 45 years, 3 cropping systems and 2 locations in North Cameroun simulated by Cropgro.

TINGEM & Al.(2008 and 2009), **Effects of climate change on crop production in Cameroon**, in *Climate Research and Agronomy for sustainable development* :

“For the future we estimate substantial yield increases for bambara groundnut, soybean and groundnut, and little or no change and even decreases of maize and sorghum yields, varying according to the climate scenario and the agricultural region.”

**Table 1.** Relative change (%) in yield of five crops without adaptation between baseline and future climate projected under eight GCM scenarios  
GCM: general circulation model.

	GISS				HadCM3			
	A2 2020	A2 2080	B2 2020	B2 2080	A2 2020	A2 2080	B2 2020	B2 2080
<b>Maize</b>								
Bamenda	-24.7	-69.6	-22.9	-51.2	-6.7	-56.2	-5.9	-20.6
Batouri	0.9	-33	0.2	-17.8	13.6	-22.5	14.2	-8.2
Garoua	3.1	-16.1	4.1	-11	9.1	-12.1	11.2	-6.4
Kribi	18.9	9.6	19.4	13.1	25.4	12.3	25.9	15.3
Maroua	5.3	-10.5	6.9	-6.6	13.3	-8.1	10.6	-2.91
Ngaoundere	24.6	6.2	25	17.3	27.1	13.8	26.9	22
Tiko	12.6	-0.6	12.5	3.5	18.3	3.4	18.4	7.6
Yaounde	18.4	-2.7	20	7.8	24.1	3.5	24.1	12.3
<i>Mean</i>	<b>7.4</b>	<b>-14.6</b>	<b>8.2</b>	<b>-5.6</b>	<b>15.5</b>	<b>-8.2</b>	<b>15.7</b>	<b>2.4</b>
<b>Groundnut</b>								
Bamenda	-13.5	-41.6	-11.9	-30.1	1.9	-33.4	1.9	-22.7
Batouri	38.4	21.9	30.4	30.0	51.3	47.1	57.8	50.6
Garoua	15.7	-7.4	16.9	0.6	19.8	-1.2	23.2	6.6
Kribi	109.0	113.0	109.0	108.7	110.0	108.7	109.2	108.9
Maroua	45.3	34.5	46	38.2	48.9	36.6	48	40.7
Ngaoundere	50.3	37.2	51	41.7	57.2	40.1	57.1	44.5
Tiko	19	-1.8	25.6	12.1	35.2	16.8	32.3	21.5
Yaounde	8.1	-12.4	11.1	-2.8	18.6	-6.3	18.6	1.8
<i>Mean</i>	<b>34.0</b>	<b>17.9</b>	<b>34.8</b>	<b>24.8</b>	<b>42.9</b>	<b>26.1</b>	<b>43.5</b>	<b>31.5</b>
<b>Bambara</b>								
Bamenda	31.2	1.2	32.9	17.3	42.5	13.2	43.3	23.5
Garoua	24.3	4.9	25.2	11.9	31	10.2	30.1	16.8
Maroua	37.2	25.9	37.8	29.5	41.3	28.2	40.4	32.1
Ngaoundere	52.5	46.8	53.4	49.1	58.3	48.7	57.1	50.5
Tiko	9.3	-5.1	2	6.4	20.5	12.5	28.2	11.2
Yaounde	21.5	3.9	24.6	12.8	31.6	9.6	31.6	16.8
<i>Mean</i>	<b>29.3</b>	<b>12.9</b>	<b>29.3</b>	<b>21.2</b>	<b>37.5</b>	<b>20.4</b>	<b>38.5</b>	<b>25.2</b>
<b>Sorghum</b>								
Garoua	-8.2	-35.7	-6.1	-28.5	1.3	-32	4.4	-21.9
Maroua	3.2	-20.1	6.3	-14.2	17.1	-16.2	14.6	-9.3
Ngaoundere	-16.6	-63.8	-12.3	-47.8	3.8	-53.5	3.4	-40.7
<i>Mean</i>	<b>-7.2</b>	<b>-39.9</b>	<b>-4.0</b>	<b>-30.2</b>	<b>7.4</b>	<b>-33.9</b>	<b>7.5</b>	<b>-24.0</b>
<b>Soybean</b>								
Bamenda	57.6	27.9	58.5	38.8	68.7	34.2	78.9	45.5
Ngaoundere	27.9	5.5	29.6	12.6	39.5	10.9	39.5	18.8
Tiko	126.9	130.4	127.7	134	153.6	148.2	145.5	162.4
<i>Mean</i>	<b>70.8</b>	<b>54.6</b>	<b>71.9</b>	<b>61.8</b>	<b>87.3</b>	<b>64.4</b>	<b>88.0</b>	<b>75.6</b>

**Table II.** Percent change in the average of maize (a), sorghum (b) and bambara (c) yields from baseline without and with adaptation (change in sowing dates) at Garoua (GAR), Maroua (MAR), Tiko (TIK) and Yaounde (YAO). GISS: Goddard Institute for Space Studies.

(a) Maize								
Location	GISS without change in sowing dates				GISS with change in sowing dates			
	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>
	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>
	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ
<b>GAR</b>	3.1	-16.1	4.1	-11.0	24.5	-3.8	26.6	5.7
<b>MAR</b>	5.3	-10.5	6.9	-6.6	27.8	1.2	29.4	-6.6
<b>TIK</b>	12.6	-0.6	12.5	3.5	26.4	16.3	28.8	20.1
<b>YAO</b>	18.4	-2.7	20.0	7.8	39.7	20.1	42.5	28.7

(b) Sorghum								
Location	GISS without change in sowing dates				GISS with change in sowing dates			
	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>
	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>
	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ
<b>GAR</b>	-8.2	-35.7	-6.1	-28.5	39.9	-17.3	40.8	2.5
<b>MAR</b>	3.2	-20.1	6.3	-14.2	48.0	-7.5	51.5	-14.2

(c) Bambara groundnut								
Location	GISS without change in sowing dates				GISS with change in sowing dates			
	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>	<u>A2</u>	<u>A2</u>	<u>B2</u>	<u>B2</u>
	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>	<u>2020</u>	<u>2080</u>
	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ	%Δ
<b>GAR</b>	24.3	4.9	25.2	11.9	46.6	24.1	47.8	34.4
<b>MAR</b>	37.2	25.9	37.8	29.5	48.1	39.3	48.3	29.5
<b>TIK</b>	9.3	-5.1	2	6.4	43.5	28.9	46.3	37.2
<b>YAO</b>	21.5	3.9	24.6	12.8	37.9	19.7	41.7	28.9

- La modélisation permet de prévoir les interactions climat/sol/plante/itinéraire technique
- Elle montre une diminution de la durée des cycles (floraison, maturité) sous l'effet du réchauffement climatique
- Elle montre des évolutions divergentes des rendements selon la nature (C3 amélioration, C4 baisse) des cultures et les scénarii envisagés.



- Les modèles climatiques ne sont pas tous concordants
- Les systèmes de culture ont une capacité d'adaptation (dates de semis, variétés, cultures, couverture végétale)
- Poursuivre les études à d'autres régions et système de culture
- Envisager de nouvelles variétés à créer.